第13卷 第6期 昆虫学报 Vol. 13, No. 6
1964年11月 ACTA ENTOMOLOGICA SINICA Nov., 1964

应用苏云金桿菌防治馬尾松毛虫試驗初报*

蔡邦华 孙锡林 任改新 王志賢
(中国科学院动物研究所及中国林业科学院林业科学研究所)**

摘要 本文系应用苏云金杆菌 (*Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis*) 粉制剂防治馬尾松毛虫 (*Dendrolimus Punctatus* Walk.) 的試驗結果，試驗表明此菌的致病力高，防治效果好，大有应用的前途。应用时，菌剂的浓度应随幼虫龄期的增加而递增，含孢子数的有效幅度为 1,500—27,000 万/c.c.死亡率可达 90—100%。此菌如与稀浓度化学药剂（如 666、DDT、敌百虫）混合使用，防治抵抗力較強的 4—7 龄幼虫，效果更好。

前言

松毛虫为我国最严重的森林害虫，几乎每年都有相当面积的松林遭受其害，損失很大。近年来，一般应用666粉剂等化学葯剂，进行大面积防治，取得了很大成績。然而，在防治工作中亦发現一些間題；例如老熟幼虫抗葯性較強因此影响了葯剂防治效果，其次，使用葯剂稍不注意，則会損伤大量天敌，反而引起以后害虫的再度猖獗。上述种种原因，使昆虫学家感到很有必要来应用生物防治（尤其是微生物防治）以补充和配合化学防治的不足。

近十余年来，在苏联、加拿大、美国、法国、捷克等国家，已普遍地开展了这方面的研究，在生产实践中取得了重大成就 (Талалаев, 1961; Steinhaus, 1949; Weiser, 1961)。

查苏云金杆菌自从1911年德国人 Berliner 分离以来，用以防治許多鱗翅目幼虫得到良好的效果 (Angus et c., 1959; Steinhaus, 1957)。目前美、法等国已能大量生产苏云金杆菌（以下簡称杆菌）孢子粉制剂以防治蔬菜、牧草及果树上一些害虫。杆菌用以防治馬尾松毛虫至今未見报导。我們自1959年到1960年，先后在江西、湖南等地应用杆菌进行馬尾松毛虫防治試驗，发現杆菌对馬尾松毛虫有很強的致病力，大有应用推广的价值。今将一年来的試驗結果择要整理如下，希望有关同志提出宝貴意見，使我国的微生物防治工作更广泛更深入的开展起来。

試驗材料

試驗用的菌剂[1]，系采用捷克制的95%可湿性菌粉（包括細菌营养体碎片，伴孢晶体和孢子，經測定每克含孢子約300亿左右）及5%、10%菌粉。所用葯剂为6%可湿性666，25% DDT乳剂、46%敌百虫乳剂。試驗虫种为馬尾松毛虫第1、2代和越冬代的不同龄期的幼虫。

---

* 1960年在林业部組織下，中国科学院前昆虫研究所与中国林业科学研究院森林保护室在湖南攸县全国松毛虫中心工作站合作研究松毛虫，本报告为其中一部分，此項工作除本文作者外，还得到前昆虫研究所馬金耀、李长庚等同志的具体协助，特此一并致謝。

** 蔡邦华、任改新：中国科学院动物研究所；孙錫林、王志賢：中国林业科学院林业科学研究所。

1) 供試菌剂为刘崇乐教授于1958年从捷克引进的，特此致謝。

（本文于1964年1月15日收到）

林間套籠試驗

試驗于 1960 年 3—9 月在湖南攸县丘陵地带馬尾松林区进行的，林区坡度 10—15°，多为 6—8 年生松树，郁閉度 0.1—0.2，地被物少。試驗方法是在松毛虫不同世代，不同虫龄，用不同浓度的菌液，菌粉或葯液进行处理，每个处理两个重复，方法与一般葯剂試驗同，将噴过菌液或菌粉的幼虫和針叶放入鉄紗籠中，掛于林間松树上或放于实验室內，每天进行检查記載，一定期間更换同样处理过的新鮮針叶进行飼育，連續 20 天，然后計算死亡率，另設对照，以淸水处理。試驗結果見表 1 和 2。表 1 为单独使用純菌剂的結果；表 2 为純菌剂和菌剂加稀浓度葯剂处理的結果。表中除对照为自然死亡外死亡率均以 Abbott W. S 法予以校正。

表 1　苏云金桿菌防治馬尾松毛虫幼虫效正死亡率（1960 年，湖南攸县）

世代		越冬代[2]			第一代		第二代	备注
日期		2/III—21/III	6/III—25/III	21/III—9/IV	11/VI—21/VI	21/VI—11/VII	16/VIII—30/IX	
虫龄		5 龄	5—6 龄	5—6 龄	3 龄	5—6 龄	3 龄	
虫数		50	50	50	50	50	50	
平均溫度		11.8℃	12.1℃	14.9℃	29.6℃	29.5℃	26℃	
菌液浓度	0.9%	—[1]	—	76%	—	—	—	1.“—”示未作試驗
	0.7%	—	100%	76.8%	—	—	—	2.越冬代指已經取食活动的越冬代幼虫
	0.5%	91.9%	87.5%	50%	—	—	—	3.−19.2%数据因对照中寄生死亡多，經效正后处理反得負数
	0.2%	53.1%	72.8%	3.8%	—	—	—	
	0.07%	—	—	—	100%	—	—	
	0.05%	—	—	—	100%	—	100%	
	0.02%	—	—	—	100%	—	—	
	0.01%	—	—	—	—	—	87%	
	0.005%	—	—	—	—	—	67%	
	0.001%	—	—	—	—	—	59%	
10% 菌粉		19.4%	—	25%	—	72.7%	—	
5% 菌粉		13.3%	—	−19.2%[3]	—	54.5%	—	
对照自然死亡率		2%	4%	48%	0	12%	0	

据表 1、2 可見純菌剂对越冬后松毛虫幼虫的效果是很好的，如 0.7% 的菌液可以杀死 5—6 龄幼虫 76.8—100%，6—7 龄幼虫 88.8%。0.9% 的菌液可杀死 6—7 龄幼虫达 91.1%。粉剂效果則很低，5% 粉剂的死亡率最高不超过 14%，而10% 粉剂亦不超过25%，是否杆菌粉剂不易粘附在虫身或松針上，抑或还有其他原因，則尙待进一步研究。从第一代試驗效果来看，杆菌的致病力更強，0.02% 菌液可杀死 3 龄幼虫 100%，0.09% 菌液杀

死 5—6 龄幼虫 85%，0.3% 菌液杀死 5—6 龄幼虫 92.5%。从第一代結果来看，由于温度比較高，菌剂的效果显著增加，虽然浓度降低 9—10 倍，但效果仍然很好。粉剂效果虽較越冬代有所提高，但仍不理想。至于杆菌对第二代幼虫的效果，还是同样显著，0.05% 菌液可杀死 3 龄幼虫 100%，0.07% 菌液杀 4 龄幼虫为 100%、0.09%，杀 5—6 龄幼虫为 92.6%，而 0.3% 菌液杀 5—6 龄幼虫仍可达 100%。

从菌加药剂的結果来看，显然加药后，效力增高，其中不同药剂在不同温度情况下，其增效作用又各有不同。例如在越冬代温度較低时（平均温度 11.4°C），加 DDT 的效果比

表 2　苏云金桿菌加化学药剂防治馬尾松毛虫幼虫效正死亡率（1960 年，攸县）

世代		越冬代		第一代		第二代		备注
日期		8/III—27/III	6/III—25/III	24/VI—6/VII	3/VII—5/VIII	24/VIII—10/IX	5/IX—20/IX	
虫龄		5—6 龄	6—7 龄	4 龄	5—6 龄	4 龄	5—6 龄	
虫数		50	50	30	50	100	60	
平均温度		11.4°C	16°C	29.4°C	29.6°C	26.3°C	26.4°C	
对照		16%	6%	6.7%	20%	2%	50%	
菌剂浓度	0.9%	—*	91%	—	—	—	—	* "—"示未作試驗
	0.7%	—	88.8%	—	—	—	—	
	0.5%	52.4%	55.7%	—	—	—	—	
	0.3%	—	—	—	92.5%	—	100%	
	0.2%	35.7%	18.9%	—	—	—	—	
	0.1%	—	—	100%	—	—	—	
	0.09%	—	—	—	85%	—	85.2%	
	0.07%	—	—	85.7%	—	100%	—	
	0.05%	—	—	71.7%	—	—	—	
	0.03%	—	—	—	—	—	73.4%	
	0.02%	—	—	—	—	89.8%	—	
	0.01%	—	—	—	70%	—	—	
	0.007%	—	—	—	—	73.5%	—	
	0.002%	—	—	—	—	66.3	—	
菌粉浓度	10%	—	2.1%	—	—	—	—	
	5%	—	-1.1%	—	—	—	—	
666 浓度	1:700	54.8%	—	—	—	—	—	
	1:1000	—	8.1%	—	—	—	—	
	1:5000	—	—	67.7%	—	—	—	
	1:6000	—	—	—	32.5%	66.3%	56.6%	

續表 2

世代		越冬代		第一代		第二代		备注
日期		8/III—27/III	6/III—25/III	24/VI—6/VII	3/VII—5/VIII	24/VIII—10/IX	5/IX—20/IX	
虫龄		5—6 龄	6—7 龄	4 龄	5—6 龄	4 龄	5—6 龄	
虫数		50	50	30	50	100	60	
平均温度		11.4℃	16℃	29.4℃	29.6℃	26.3℃	26.4℃	
对照		16%	6%	6.7%	20%	2%	50%	
666 加菌剂浓度**	0.2%+700	64.3%	—	—	—	—	—	** 浓度栏中如 666 加菌液浓度项下的"0.2%+700"系指菌剂浓度 0.2%+1:700倍的 666 稀释液
	0.5%+700	81%	—	—	—	—	—	
	0.5%+1000	—	78.9%	—	—	—	—	
	0.1%+5000	—	—	100%	—	—	—	
	0.07%+5000	—	—	95%	—	—	—	
	0.09%+6000	—	—	—	90%	—	—	
	0.03%+6000	—	—	—	—	—	—	
	0.009%+6000	—	—	—	—	—	73.4%	
	0.007%+6000	—	—	—	—	97.8%	—	
DDT 浓度	1:5000	59.5%	10.2%	—	—	—	—	
	1:15000	—	—	64.3%	45%	—	—	
	1:18000	—	—	—	—	60.2%	30%	
DDT 加菌剂浓度	0.5%+5000	100%	70.5%	—	—	—	—	
	0.1%+15000	—	—	100%	—	—	—	
	0.09%+15000	—	—	—	87.5%	—	—	
	0.01%+15000	—	—	—	82.5%	—	—	
	0.03%+18000	—	—	—	—	—	83.4%	
	0.07%+18000	—	—	—	—	90.8%	—	
敌百虫浓度	1:10000	—	32%	—	—	—	—	
	1:15000	—	—	71.4%	—	—	—	
	1:18000	—	—	—	75%	75.4%	66.6%	
敌百虫加菌剂浓度	0.5%+10000	—	77.9%	—	—	—	—	
	0.1%+10000	—	—	100%	—	—	—	
	0.09%+15000	—	—	—	100%	—	—	
	0.07%+15000	—	—	96.5%	—	—	—	
	0.03%+18000	—	—	—	—	—	100%	
	0.01%+18000	—	—	—	85%	—	—	
	0.007%+18000	—	—	—	—	100%	—	

666 显著，可是在温度較高的情况下（平均温度 16℃ 以上）則加 666 的效果反比加 DDT 的高。到第一代时，由于温度一般都比較高，所以在同一温度下，666、敌百虫加菌液的效果都比 DDT 的高。

从上述的效果来看，說明杆菌对松毛虫幼虫有很強的致病力。对越冬后幼虫，最快的在噴菌后 24 小时卽有死亡，而迟的在 20 多天后，还有死亡。幼虫得病后一般行动迟緩，很少取食，排粪少，顆粒小而黑，并发現有粪便堵塞肛門口的現象。虫死后一般尸体发黑，有时掉在地上，有时以腹足抓住針叶，前半身倒悬在空中，或以尾足攀住小枝，将整个身体倒掛在空中。检回后检查，在腸液和血淋巴中都发現有杆菌，証明幼虫确是因感染此菌而死的尸体黑而軟，并发出一种特殊的臭味。同时，从温湿度情况来看，湿度对它影响不大，温度愈高，死亡率愈大。温度低到 4℃ 时，幼虫仍可死亡，說明杆菌的致病性能对温湿度的要求是不严格的，这是一个很好的特性，在应用上有很大的方便。經观察，杆菌对第一代和第二代幼虫的致病力更強，最快的在噴菌液后 8 小时卽有死亡，3、4 天后大部分死亡。

感病幼虫死亡速度試驗

为了了解幼虫得病后，其死亡的集中程度及与温湿度的关系，我們在各代选择几片林地，分别噴菌液，每天检查和統計病死幼虫数，結果見下列各图。

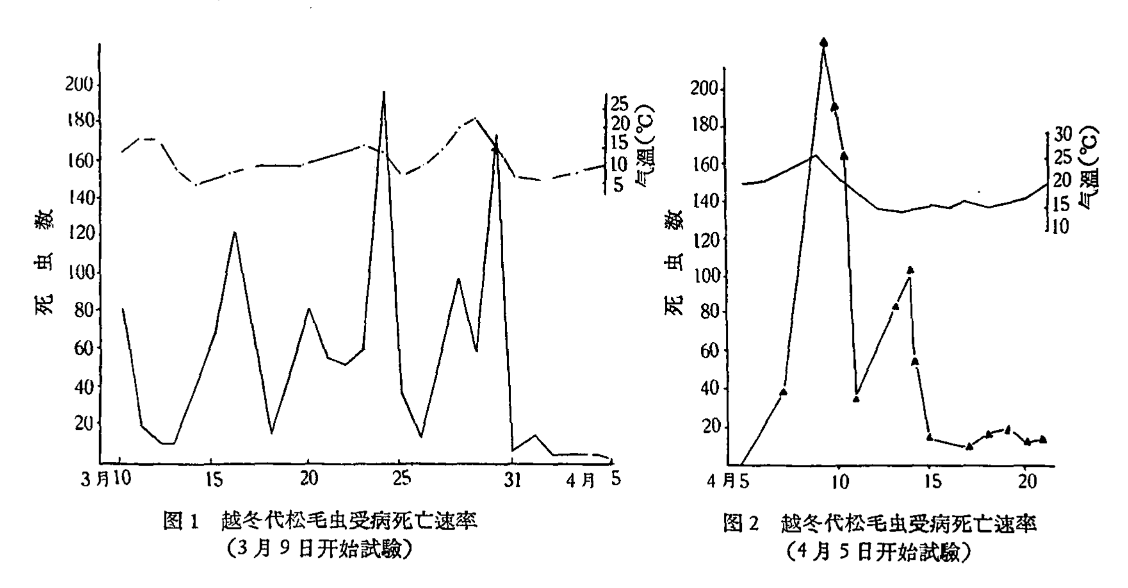


图 1　越冬代松毛虫受病死亡速率
（3 月 9 日开始試驗）

图 2　越冬代松毛虫受病死亡速率
（4 月 5 日开始試驗）

从越冬代（图 1、2）的試驗来看，感病幼虫死亡的集中程度与气温有很大关系。如图 1 的試驗在 3 月 9 日开始，当时阴雨連綿，气温較低（3 月份平均气温为 12.8℃），幼虫发病較慢，死亡拖延的时間很长，曲綫上下起伏 4、5 次，波动較大，90% 以上的死亡数是分散在試驗后的 20 天中。而图 2 則显然不同，因这次試驗在 4 月 5 日开始，4 月份的晴天多，雨水少，气温較高（4 月份平均温度为 15.3℃），幼虫发病快，死亡也比較集中在試驗后的 10 天中，而这在第一代（图 3）及第二代（图 4）的試驗中更为明显，当温度高达 25℃ 以上时，則 90% 以上的幼虫在試驗后的 3—4 天中都死亡，比越冬代提前 7 天左右，这說明

气温高則死亡快而集中，至于湿度的影响則不明显。

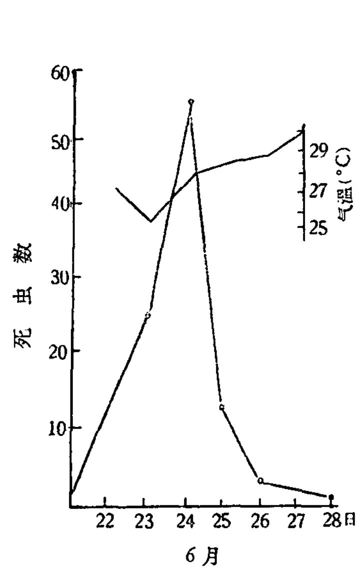


图3 第一代松毛虫受病死亡速率
(6月21日开始試驗)

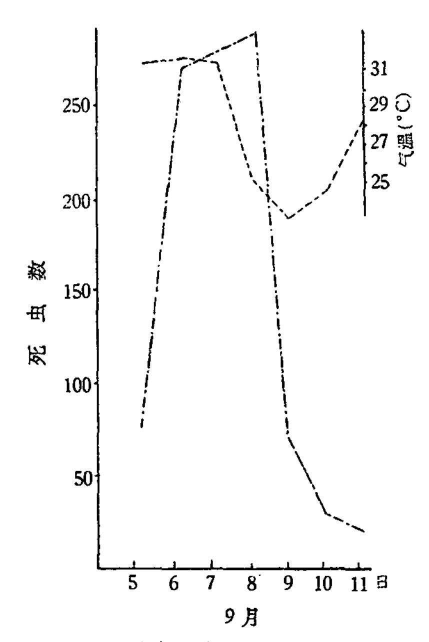


图4 第二代松毛虫受病幼虫死亡速率
(9月5日开始試驗)

結果与討論

1. 应用杆菌防治馬尾松毛虫的試驗在我国已获得初步成果，通过試驗，証明其效果很好，应用的潛力很大，这将給今后的松毛虫防治工作增加一种新的有力的武器。

2. 据籠內及野外的多次試驗，防治的浓度，随幼虫龄期的增加而提高，其幅度范围为每毫升含孢子1500万—2.7亿左右，防治效果可达90%—100%。

3. 根据杆菌的特性，温度愈高，幼虫得病死亡愈快。因此，在6、7、8月間防治效果最快。然而，杆菌在3、4月間潮湿寒冷的季节里，防治的效果也仍很好。

4. 杆菌加稀浓度的化学药剂（如666、DDT及敌百虫等）混用，能提高效力，是一种值得采用的方法。但杆菌粉剂試驗的效果很差。

参 考 文 献

Талалаев Е. В. 1961. Применение бактерий в борьбе против сибирского шелкопряда. Жур. Лес. Хоз. № 2 стр. 36—39.

Angus T. A. and Heimpel A. M. 1959. The bacteriological control of insects. Proc. ent. Soc. Ont. p. 13—21.

Steinhaus E. A. 1957. Microbial diseases of insects Ann. Rev. Microbio. vol. 11 p. 165—82.

Steinhaus E. A. 1949. Principles of insect pathology. McGraw Hill Book Co., Inc., New York N. Y. p. 757.

Weiser J. 1961. 昆虫病理学講义。中国科学院昆虫研究所編譯，1—28。

耶夫拉留娃，A. A.，什維錯娃，О. И. 1955。研究昆虫疾病及应用微生物学方法保护植物指南。科学出版社，1—69頁。

A PRELIMINARY TEST ON THE APPLICATION OF A BACTERIAL INSECTICIDE (*BACILLUS THURINGIENSIS* VAR. *THURINGIENSIS*) TO CONTROL THE PINE CATERPILLAR *DENDROLIMUS PUNCTATUS* WALK.

TSAI PANG-HWA, JEN GAI-HSIN
(*Institute of Zoology, Academia Sinica*)
SUN HSI-LIN, WANG CHIN-HSIEN
(*Institute of Forestry, China Academy of Forestry Research*)

The pine caterpillar is one of the most important pests of pine trees in China. Because there are some disadvantages to apply chemical control of this pest, an urgent need of using microbial methods as a supplementary measure is evident. The results of the preliminary test are very promising. The results are as follows:

1. The application of *B. thuringiensis* var. *thuringiensis* to control the pine caterpillar seems to be very effective. In future it may develop into a new and powerful weapon in pest control work.

2. The concentrations of the bacterial suspensions should be raised with the increase of larval instars. The range is approximately between 15×10^6—2.7×10^8 spores per c.c.

3. High temperature resulted in a quick infection and death of the larvae. Therefore, the application of this method in June, July and August will give better results, though in cold and wet seasons, for example in March and April in central China, the control is also effective.

4. The applications of *B. thuringiensis* var. *thuringiensis* with very dilute concentrations of chemical insecticides, such as 666, DDT and Diptrex, will give quicker and better results. This is a promising method. Dusting is valuelessly.